

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テータード <sup>*</sup> (参考)
G 0 6 T 7/60	3 0 0	G 0 6 T 7/60	3 0 0 A 2 F 0 6 5
	1 5 0		1 5 0 P 5 B 0 5 7
G 0 1 B 11/26		G 0 1 B 11/26	H 5 L 0 9 6
G 0 6 T 1/00	3 1 5	G 0 6 T 1/00	3 1 5

審査請求 未請求 請求項の数2 書面 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-404599(P2000-404599)

(71) 出願人 501048457

(22) 出願日 平成12年12月26日 (2000.12.26)

友納 正裕

茨城県つくば市春日1丁目3番地1号 タ

カノマンション501号室

(72) 発明者 友納 正裕

茨城県つくば市春日1丁目3番地1号 タ

カノマンション501号室

Fターム(参考) 2F065 AA12 AA31 BB05 FF04 FF21

JJ03 JJ19 JJ26 QQ08 QQ17

QQ38 QQ41

5B057 BA02 DA17 DB02 DC08 DC16

DC19 DC34

5L096 FA06 FA32 FA35 FA52 FA66

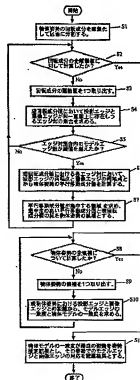
FA67 GA51 JA03 MA07

(54) 【発明の名称】 物体認識方法

(57) 【要約】

【課題】 2次元画像に写った3次元物体の認識と姿勢推定を、重みの生じない透視投影カメラモデルのもとで行えるようにするとともに、少ない計算量で処理が行えるようにする。

【解決手段】 本発明の物体認識方法では、カメラに対する物体モデルの各姿勢ごとに、入力画像中の画像エッジと物体モデルのモデルエッジとを1本ずつ照合することで、入力画像と物体モデルの照合を行う。このとき、物体姿勢を回転成分と平行移動成分に分け、まず回転成分の各離散値に対してモデルエッジの画像平面への投影像と画像エッジが同一直線上に存在しうるかどうかを調べて、回転成分値とエッジ対応の候補を絞る。次に、得られた各候補に適合する平行移動成分値の分布を求めて、最も頻度の高い平行移動成分値を求める。そして、その平行移動成分値、および、そのときの回転成分値とエッジ対応を解とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】入力画像から抽出した画像エッジの集合とあらかじめ登録した物体モデルとを照合して該入力画像中に写っている物体を認識する方法において、該入力画像を撮影したカメラの座標系における前記物体モデルの姿勢の回転成分を離散化し、該回転成分の各離散値ごとに、前記物体モデルを構成する各モデルエッジの画像平面への投影像と前記画像エッジ集合の各画像エッジとが同一直線上に存在しうるかを調べ、同一直線上に存在しうるモデルエッジと画像エッジの対の集合をエッジ対集合として求め、該エッジ対集合に含まれるモデルエッジの本数が所定の閾値を越えた場合に、該エッジ対集合に含まれる各エッジ対に対して、該エッジ対に含まれるモデルエッジの画像平面への投影像の両端点と該エッジ対に含まれる画像エッジの両端点とが一致する前記物体モデルの姿勢の平行移動成分値を求め、前記エッジ対集合に対する平行移動成分値の分布において集中度が大きい領域の代表値を平行移動成分の推定値とし、前記回転成分値と該平行移動成分の推定値を物体姿勢の候補とすることを特徴とする物体認識方法。

【請求項2】前記物体姿勢候補の各々ごとに、該物体姿勢候補における各モデルエッジの画像平面への投影像と画像エッジの距離から該モデルエッジの一致度を計算し、最もよく一致する画像エッジを該モデルエッジに対応する画像エッジとして選び、全モデルエッジの一致度の総和が最良となる物体姿勢候補を姿勢推定の解として選ぶことを特徴とする請求項1記載の物体認識方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、計算機による物体認識方法に関し、とくに、あらかじめ登録した物体モデルを用いて、入力画像に写った物体を認識し、さらに、その物体のカメラに対する姿勢を推定する方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】3次元物体モデルを用いて2次元画像に写った物体を認識する手法として、アライメント法がある（文献：D. P. Huttenlocher and S. Ullman, "Recognizing Solid Objects by Alignment with an Image", International Journal of Computer Vision, Vol. 5, No. 2, pp. 195-212, 1990）。アライメント法では、カメラモデルを弱透視投影で近似し、3次元物体を2次元画像平面に投影する変換行列を定義する。そして、物体モデルの特徴点集合と画像上の特徴点集合とから、この変換行列を求める問題として物体認識を定式化する。具体的には、物体モデル上の特徴点3個と画像上の特徴点3個を対応づけた場合の変換行列を求め、その変換行列によっ

て他のモデル特徴点を画像平面に投影した結果が他の画像特徴点とうまく一致するかを調べる。この処理を、モデル特徴点および画像特徴点の各組に対して行い、一致度の高い変換行列を解とする。特徴点としては、画像から抽出されたエッジの角、交点、変曲点などが用いられる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】通常、カメラの正確なモデル化には透視投影が用いられる。透視投影では、物体は奥行きに反比例して画像上に小さく写る。しかし、アライメント法では、弱透視投影で近似しているため、物体の奥行きが長い場合に投影像の歪みが大きくなり、正しく認識できなくなるという問題がある。

【0004】また、アライメント法では、モデル特徴点数をM、画像特徴点数をNとすると、その計算量は $M^3 N^2 \log N$ に比例し、特徴点数が増えると計算時間が膨大になるという問題がある。

【0005】なお、アライメント法に限らず、3次元物体認識は探索空間が大きくなり、計算量が膨大であるという問題をもつ。これは、物体認識の問題が、モデル特徴と画像特徴の対応づけ問題と物体姿勢を求める問題とを同時に解く必要があるためである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】以上の課題を解決するために、本発明の物体認識方法では、入力画像中の2次元エッジ（画像エッジと呼ぶ）と物体モデルの3次元エッジ（モデルエッジと呼ぶ）とを1本ずつ照合することで、入力画像と物体モデルの照合を行う。この照合は物体の各姿勢ごとに行い、しかも、物体姿勢を回転成分と平行移動成分に分けて段階的に行う。

【0007】請求項1の発明は、該入力画像を撮影したカメラの座標系における前記物体モデルの姿勢の回転成分を離散化し、該回転成分の各離散値ごとに、前記物体モデルを構成する各モデルエッジの画像平面への投影像と前記画像エッジ集合の各画像エッジとが同一直線上に存在しうるかを調べ、同一直線上に存在しうるモデルエッジと画像エッジの対の集合をエッジ対集合として求め、該エッジ対集合に含まれるモデルエッジの本数が所定の閾値を越えた場合に、該エッジ対集合に含まれる各エッジ対に対して、該エッジ対に含まれるモデルエッジの画像平面への投影像の両端点と該エッジ対に含まれる画像エッジの両端点とが一致する前記物体モデルの姿勢の平行移動成分値を求め、前記エッジ対集合に対する平行移動成分値の分布において集中度が大きい領域の代表値を平行移動成分の推定値とし、前記回転成分値と該平行移動成分の推定値を物体姿勢の候補とすることを特徴とする。

【0008】請求項2の発明は、前記物体姿勢候補の各々ごとに、該物体姿勢候補における各モデルエッジの画像平面への投影像と画像エッジの距離から該モデルエッジの一致度を計算し、最もよく一致する画像エッジを該

モデルエッジに対応する画像エッジとして選び、全モデルエッジの一致度の総和が最良となる物体姿勢候補を姿勢推定の解として選ぶ。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明の物体認識方法は、多面体で構成された3次元物体モデルを用いて、1枚の2次元画像に写った物体の認識とカメラに対する物体姿勢の推定を行うものである。入力画像と物体モデルの照合は、画像エッジとモデルエッジとを1本ずつ照合することで行う。物体モデルは多面体なので、モデルエッジはすべて直線分である。対象とする2次元画像は、計算機に取り込まれたデジタル画像であり、画像処理分野で広く行われているエッジ抽出処理により画像エッジを得ておく。また、全ての画像エッジは、高曲率点や交差点などを分割点として直線分に分割されているとする。図4に、机の画像エッジの例を示す。ただし、実際の画像には、対象物体以外の画像エッジも多数含まれる。図5に、机の物体モデルの例を示す。物体モデルは、物体の特徴的な部分だけを表現するものでよく、この例では、通常の視点から見える机の前部分だけをモデル化している。

【0010】次に、本発明の物体認識方法の原理を説明する。まず、透視投影によるカメラモデルは以下のように定式化される。物体モデルとカメラの姿勢関係の一例を図3に示す。物体モデルの形状は、物体モデルのローカル座標系で定義とする。物体モデル座標系からカメラ座標系への座標変換パラメータを $r = \langle r_r, r_t \rangle$ とする。 $r_r = (\theta, \phi, \psi)$ は回転成分、 $r_t = (x^t, y^t, z^t)^T$ は平行移動ベクトルである(Tは転置を表す)。このとき、物体モデル上の点Pのカメラ座標系での値 $P^c$ は、数1ようになる。ただし、 $R^*$ 決定する。ただし、数4の $D_1$ は、投影エッジ $e^s$ の端点 $P_1^s$ と画像エッジ $l$ 上の

点Qが一致するときの両エッジの傾きの差の絶対値であり、数6で定義される。数6の $slope(x)$ はエッジ $x$ の傾きである。 $D_1$ により投影エッジと画像エッジの直線方程式が一致しうかが判定される。

【0016】

$$S_2 = \{(\tau, m) \mid \sum_{(e,l) \in m} D(e^s(\tau), l) = 0, (\tau, m) \in S_1\}$$

【0018】

$$D_1(e^s(\tau), l) = |slope(e^s(\tau)) - slope(l)|, \text{ただし } P_1^s = Q$$

【0019】 $S_1$ は直線方程式が一致しうるモデルエッジ $e$ と画像エッジ $l$ の対の集合となる。 $S_2$ は、 $S_1$ で得られたエッジ対応候補のうち、2つのエッジの両端点一致するものの集合であり、 $S_2 = S$ が成り立つ。これにより、 $S$ を求めるには、まず $S_1$ を求め、次に $S_2$

れを示すには、 $P_1^s = Q$ という制約のもとでは、投影エッジ $e^s$ の傾きが $\tau_e$ に対し

\* ( $r_r$ )は $r_r$ による回転行列である。さらに、カメラ座標系の点 $P^c = (x^c, y^c, z^c)^T$ のスクリーン座標系への投影点 $P^s$ は数2ようになる。

【0011】

$$\text{【数1】 } P^c = R(r_r) P + r_t$$

【0012】

【数2】

$$P^s = (x^s, y^s)^T = (f \frac{y^c}{z^c}, f \frac{x^c}{z^c})^T$$

【0013】画像エッジの集合を $L$ 、モデルエッジの集合を $E$ 、モデルエッジ $e \in E$ を姿勢 $\tau$ によって2次元画像に投影したエッジ(投影エッジと呼ぶ)を $e^s$ あるいは $e^s(\tau)$ と表す。入力画像中の物体を認識する問題を、数3を満たす姿勢 $\tau$ と、 $E$ から $L$ への写像 $m = \{(e, l) \mid e \in E, l \in L\}$ を求める問題として定式化する。ただし、数3で、 $D$ は2つの線分間の距離であり、たとえば、2つの線分の両端点間のユークリッド距離の和で定義するが、2つの線分の両端点一致したときに0となるならば、他の距離尺度でもよい。また、対応する画像エッジをもたないモデルエッジがあってもよい。

【0014】

【数3】

$$S = \{(\tau, m) \mid \sum_{(e,l) \in m} D(e^s(\tau), l) = 0\}$$

【0015】 $S$ では、物体姿勢 $\tau$ 全体を探索しなければならず、計算量が膨大になる。そこで、 $S$ の探索空間を分割し、解を段階的に求めることで、計算量の軽減を図る。具体的には、まず数4によりエッジの直線方程式が一致しうかどうかで対応エッジを絞り込み、次に、数5により、端点の一致により対応エッジを

【数4】

$$S_1 = \{(\tau, m) \mid \sum_{(e,l) \in m} D_1(e^s(\tau), l) = 0\}$$

【0017】

【数5】

【数6】

を求めればよい。

【0020】次に、 $S_1$ と $S_2$ の具体的な計算方法、および、その際に探索空間が小さくなることを示す。まず、 $S_1$ は回転成分 $r_r$ にだけ依存し、 $r_t$ によらない。こ

て不変であることを導けばよい。この証明を以下に示す。

\* 【0021】

画像エッジの端点  $Q = (u, v)^T$  と投影エッジの端点  $P_1^* = (x_1^*, y_1^*)^T$

が一致するので、数7が成り立つ。これと、 $(x_2^*, y_2^*)^T = (f \frac{y_2^*}{z_2^*}, f \frac{x_2^*}{z_2^*})^T$  とから、

姿勢  $\tau$  における投影エッジ  $e^*$  の傾きは数8のようにな

る。ここで、数1より、

$$P_2^* - P_1^* = R(\tau_r)(P_2 - P_1) \text{ となり、 } P_2^* - P_1^* = (x_2^* - x_1^*, y_2^* - y_1^*, z_2^* - z_1^*)^T \text{ は、 } \tau_r$$

によらない。また、 $u, v$  は画像で決まる。よって、数10※

$$(u, v)^T = (x_1^*, y_1^*)^T = (f \frac{y_1^*}{z_1^*}, f \frac{x_1^*}{z_1^*})^T$$

8の slope ( $e^*$ ) は  $\tau_r$  に対して不変である。

(証明終り) なお、 $Q$  を画像エッジ1上のどの点にとつても  $S_1$  は変わらない。

【0023】

【数8】

【0022】

【数7】

$$\begin{aligned} \text{slope}(e^*) &= \frac{y_2^* - y_1^*}{x_2^* - x_1^*} = \frac{z_1^*(x_2^* - x_1^*) - x_1^*(z_2^* - z_1^*)}{z_1^*(y_2^* - y_1^*) - y_1^*(z_2^* - z_1^*)} \\ &= \frac{f(x_2^* - x_1^*) - v(z_2^* - z_1^*)}{f(y_2^* - y_1^*) - u(z_2^* - z_1^*)} \end{aligned}$$

【0024】以上により、 $S_1$  では  $\tau_r$  を考慮しなくてよい。探索空間は  $\tau_r$  だけとなって小さくなる。そこで、 $S_1$  を求めるために、 $\tau_r$  を適当な区画で離散化し、その各離散値について  $\Sigma(e, 1) \in m D_1(e^*(\tau_r), 1) = 0$  を満たすエッジ対応  $m$  を求める。 $\tau_r$  の各角度は  $0 \sim 360$  度以内なので有限個の区画で扱うことができる。

【0025】 $S_2$  は、 $S_1$  で得られた各  $\tau_r$  に対して、投影エッジと画像エッジの一致度の高い平行移動成分  $\tau_r$  を計算することで求める。画像エッジと投影エッジの両端点が一致する平行移動成分  $\tau_r$  は、数9および数10で計算できる。ただし、 $P_1, P_2$  はモデルエッジの端点、 $Q_1 = (u_1, v_1)^T, Q_2 = (u_2, v_2)^T$  は画像エッジの端点である。

【0026】

【数9】

$$\tau_r = FR(\tau_r)(P_2 - P_1) - R(\tau_r)P_1$$

【0027】

【数10】

$$F = \frac{1}{v_2 - v_1} \begin{pmatrix} v_1 & 0 & \frac{v_1 v_2}{f} \\ u_1 & 0 & \frac{u_1 v_2}{f} \\ f & 0 & v_2 \end{pmatrix}$$

【0028】投影エッジと画像エッジの一致度の高い平行移動成分  $\tau_r$  は、次のように求める。まず、 $S_1$  で得られた各  $\tau_r$  ごとに、その  $\tau_r$  におけるエッジ対応  $m$  に含まれる各エッジ対  $(e, 1)$  に対して数9により  $\tau_r$  を計算し、 $\tau_r$  の分布を得る。そして、その分布において最も頻度の高い  $\tau_r$  を選ぶ。実際は、誤差などにより  $\tau_r$  が一点に集中することなく、ある程度の範囲に分

散するので、投票やクラスタリングなどの手法で最も頻度の高い  $\tau_r$  を求める。これは、 $D=0$  を近似的に満たすエッジ対の数が最も多い  $\tau_r$  を  $S_2$  の解として選んだことを意味する。最後に、その  $\tau_r$  とそのときの  $\tau_r$  と  $m$  を組にして解の候補とする。

【0029】以上の方法では、画像エッジの端点が正確に抽出できていることを前提としている。画像エッジが完全に抽出できる場合は、その端点をそのまま採用して、モデルエッジの端点と照合すればよい。しかし、実際の画像においては、照明条件やコントラストによってエッジがうまく抽出できなかったり、他の物体が重なったためにエッジが隠れたりして、画像エッジの端点が完全に抽出できないことがある。この場合は、2つの画像エッジの交点を各画像エッジの端点候補として、上記方法を適用する。ここで言う画像エッジの交点とは、画像エッジを延長した直線の交点である。画像エッジの交点は直線部分がある程度抽出できれば求めることができるため、上記方法により、画像エッジが途切れている場合でも、画像エッジの端点候補を安定して求めることができる。

【0030】以下、図面を参照しながら、本発明による物体認識方法の実施例について説明する。図1は、本発明の一実施例を示す流れ図である。ステップS1～S7が請求項1の範囲、ステップS1～S11が請求項2の範囲である。まず、ステップS1で、物体姿勢の回転成分  $\tau_r$  を適当な区画で離散化して、その3つの角度それぞれを離散化する方法がある。あるいは、物体モデルの周囲を球で囲み、その球面を多角形に分割して、球の中心から多角形の中心へのベクトルの方位角（離散

化された2つの角度になる)とそのベクトルを軸とした回転角の離散値の組を用いる方法もある。なお、 $\tau_r$ の範囲は、物体がカメラに対してとりうる姿勢の範囲に限定してよい。

【0031】次に、ステップS2とステップS3によるかどうかを調べる。具体的には、数6の $D_1$ について、 $D_1(e^*(\tau), l) \leq th_1$ と

なるか調べる。 $th_1$ は閾値であり、 $D_1(e^*(\tau), l) = 0$ が成り立っていないと見なす。これは、種々の誤差により実際に $D_1(e^*(\tau), l) = 0$ になることが少ないためである。段落0021で示したように、 $D_1$ の計算に $\tau_r$ は必要ない。そして、同一直線上に存在するモデルエッジと画像エッジの対(エッジ対)をエッジ対集合Mに登録する。

【0032】次に、ステップS5で、エッジ対集合Mに含まれるモデルエッジの本数が所定の閾値を越えたかどうかを調べ、越えなければステップS6に進み、越えなければステップS2に戻って次の $\tau_r$ について計算する。

【0033】ステップS6では、ステップS4で得られたエッジ対集合Mに含まれるモデルエッジと画像エッジの各対に対して、それらの両端点をもとに数9および数10を用いて平行移動成分 $\tau_r$ を計算する。

【0034】次に、ステップS7で、現在の $\tau_r$ において、エッジ対集合Mの全エッジ対に対する平行移動成分 $\tau_r$ の分布をもとに $\tau_r$ が集中する領域を求めて、集中度の高い領域の代表値を解の候補とする。集中する領域を求めるとしては、たとえば、投票(voting)による方法やクラスタリングによる方法がある。投票による方法では、 $\tau_r$ の範囲を適当に離散化して、 $\tau_r$ のヒストグラムを作り、頻度(投票数)の大きい $\tau_r$ を解の候補とする。クラスタリングによる方法では、各 $\tau_r$ の近傍にある他の $\tau_r$ の個数を調べて、個数の多い $\tau_r$ を解の候補とする。得られた $\tau_r$ と現在の $\tau_r$ を組にして、物体姿勢の候補とする。

【0035】次に、ステップS8とステップS9により、ステップS7で得られた物体姿勢の各候補について、ステップS10を繰り返す。ステップS10では、現在の姿勢候補 $\langle \tau_r, \tau_t \rangle$ における各エッジ対をもとに、モデルエッジの一致度を計算する。そして、その一致度の総和を、その姿勢候補における物体モデルの一致度とする。

【0036】モデルエッジの一致度は、たとえば次のように計算する。すなわち、モデルエッジeとエッジ対をなす画像エッジの中で、段落0013で述べたD

( $e^*, l$ )が最小となるlをeに対応する画像エッジであるとし、そのときのD( $e^*, l$ )の値をeの一致度とする。この場合、一致度が小さいほど、よく一致していることになる。このとき、モデルエッジeに対応する画像エッジがない場合にeに適当なペナルティ点を与

り、 $\tau_r$ の各離散値に対して、ステップS4～S7を繰り返す。ステップS4では、現在の $\tau_r$ において、各モデルエッジeについて、投影エッジ $e^*(\tau)$ が画像エッジ1のどれかと同一直線上に存在し

えることにより、画像エッジに対応するモデルエッジが全くない物体姿勢が解として選ばれるのを防ぐ処理を加えてもよい。

【0037】最後に、ステップS11において、物体モデルの一致度が最もよい物体姿勢 $\langle \tau_r, \tau_t \rangle$ を選び姿勢推定の解とする。また、その姿勢においてD( $e^*, l$ )を最小とするエッジ対の集合を物体認識の解とする。

【0038】図2は、本発明の物体認識方法を実行するためのシステム構成の一例を示すブロック図である。図2で点線で囲んだ範囲が、本発明の物体認識方法を実行する部分である。まず、エッジ抽出部1は入力画像から画像エッジを抽出して、その結果をエッジ分割部2に渡す。画像エッジの抽出は、たとえば、画像を微分してその極値を追跡するなどの画像処理によって行う。エッジ分割部2は、高曲率点や交差点などで画像エッジを直線分に分割し、その結果を端点検出部3、姿勢計算部4、エッジ照合部5に渡す。端点検出部3は、直線分に分割された画像エッジの端点を求め、その結果を姿勢計算部4とエッジ照合部5に渡す。画像エッジの端点は、段落0029で述べたように、直線分の端点をそのまま用いる方法と、画像エッジの交点として求める方法がある。端点検出部3は、このどちらかを実装するか、あるいは両方を実装して利用者に選択させる。次に、姿勢計算部4は、図1のステップS1～S7に示した処理により、物体モデル記憶部6の物体モデルを参照しながら、モデルエッジと画像エッジを照合して物体姿勢の候補を求め、その候補をエッジ照合部5に渡す。エッジ照合部5は、得られた物体姿勢の各候補に対して、ステップS8～S11に示した処理により、物体モデル記憶部6の物体モデルを参照しながら、モデルエッジと画像エッジが最もよく一致する物体姿勢を求め、さらに、そのときのエッジ対応を求める。

【0039】図6は、物体モデルの構成の一例を示す説明図である。物体モデルは多面体であり、頂点情報、辺情報、辺接続情報からなる。頂点情報は多面体を構成する頂点の3次元空間での座標値の集合である。座標系は、各物体ごとにローカル座標系を設定して、その座標系内の座標値にしておくと都合がよい。たとえば、図6で、頂点p1の座標値は(100, 200, 0)である。辺情報は、多面体の辺の端点となる頂点の組の集合である。辺がモデルエッジに相当する。たとえば、図6で、辺e1は頂点p1と頂点p2をつなぐ線分として定義されている。

【0040】 辺接続情報は、辺の端点を交点として求めるための他の辺を指定する。たとえば、図6で、辺e1の一方の端点は辺e5および辺e6との交点であり、もう一方の端点は辺e2および辺e4との交点である。辺接続情報は、平行移動成分 $r_t$ の計算やエッジ照合において、画像エッジの端点を他の画像エッジとの交点として求める際に、以下のように使われる。いま、辺e1の接続情報に辺e2があったとする。すると、モデル上で辺e1の一方の端点は辺e2との交点となるから、画像上で辺e1に対応する画像エッジの端点は、辺e2とエッジ対をなす画像エッジのどれかとの交点となるはずである。そこで、全面画像エッジについて $r_t$ を計算するのではなく、辺e2とエッジ対をなす画像エッジに絞って\*

エッジと同一直線になりうる画像エッジの平均数であり、一般に $N' \ll N$ とな

\* $r_t$ を計算する。

【0041】 次に、本発明の物体認識方法の計算量を記す。まず、ステップS4では、モデルエッジと画像エッジのすべての対に対して1回ずつ計算を行うので、その計算量はMNに比例する。ただし、Mはモデルエッジ数、Nは画像エッジ数である。ステップS6～S7の計算量は、平行移動成分 $r_t$ の計算における画像エッジの端点の求め方により異なる。画像エッジの端点をそのまま用いる場合は、同一直線上に存在しうる投影エッジをもつモデルエッジと画像エッジのすべての対に対して1回ずつ計算を行うので、その計算量は $MN'$ に比例する。 $N'$ はモデル

る。次に、画像エッジの交点を端点として用いる場合は、 $N'$ 個の画像エッジのそれぞれに対して、その両端点を求めるための他の画像エッジとの組合せが平均で $(N' - 1)^2$ だけあるため、計算量は $MN'^3$ に比例する。ステップS10の計算量も、ステップS6～S7の計算量と同様である。

【0042】 以上より、本発明の計算量は、平行移動成分 $r_t$ の計算で画像エッジの端点をそのまま用いる場合は、 $M(k_1N + k_2N' + k_3N')$ となる。 $k_1$ 、 $k_2$ 、 $k_3$ は比例定数であり、回転成分 $r_r$ の離散化区画数もこれに含まれる。画像エッジの交点を端点として※ $k_3N'$ 、あるいは、 $M(k_1N + k_2N'^3 + k_3N'^2)$ となる。 $N' \ll N$ であるため、上記

※用いる場合は、 $M(k_1N + k_2N'^3 + k_3N'^2)$ となる。

【0043】

【発明の効果】 以上述べたように、本発明の物体認識方法によれば、透視投影でカメラをモデル化しているため、従来の技術で述べた弱透視投影で近似する方法に比べ、物体の奥行きが長い場合でも正しく認識できるという効果がある。

【0044】 本発明の物体認識方法の計算量は、前述のように、 $M(k_1N + k_2N' +$

いずれの計算量も従来の技術の計算量 $M^3N^2 \log N$ より小さくなる。したがって、従来の技術よりも計算時間が短縮されるという効果がある。これは、M、Nが大きい場合に顕著になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の物体認識方法の処理手順を示す流れ図

【図2】 本発明の物体認識方法を実行するシステムの構成を示すブロック図

【図3】 カメラと物体モデルの姿勢関係を示す説明図

【図4】 画像中の物体のエッジ画像の一例を示す説明図

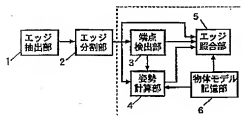
【図5】 物体モデルの一例を示す説明図

【図6】 物体モデルのデータ表現の一例を示す説明図

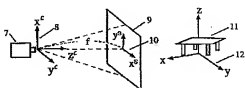
【符号の説明】

1…エッジ抽出部、2…エッジ分割部、3…端点検出部、4…姿勢計算部、5…エッジ照合部、6…物体モデル記憶部、7…カメラ、8…カメラ座標系、9…画像平面、10…スクリーン座標系、11…物体モデル、12…物体座標系。S1～S11は処理手順のステップである。

【図2】



【図3】

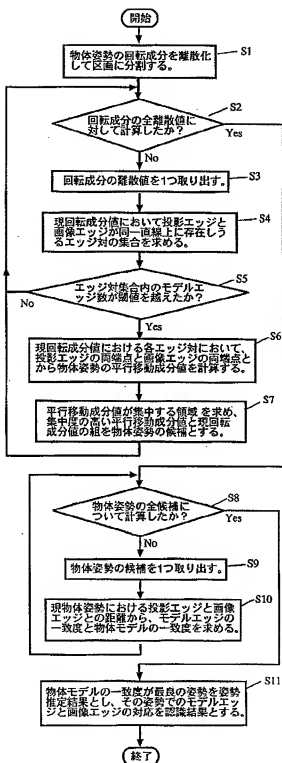


【図4】



【図1】

【図5】



【図6】

頂点	座標値
p1	(100,200,0)
p2	(-100,200,0)
p3	(50,100,100)
⋮	⋮

(a) 頂点情報

辺	頂点对
e1	p1, p2
e2	p2, p3
e3	p5, p6
⋮	⋮

(b) 辺情報

辺	接続辺
e1	(e5, e6), (e2, e4)
e2	(e1, e3), (e7, e8)
e3	(e4), (e9)
⋮	⋮

(c) 辺接続情報



(43) Date of publication of application : 12.07.2002

G01B 11/26

G06T 1/00

(71)Applicant : TOMONO MASAHIRO

(72)Inventor : TOMONO MASAHIRO

(57)Abstract:

**SOLUTION:** In this object recognizing method, an input image is collated with an object model, by collating an image edge in the input image with the model edge of the object model by one at a time, for each posture of the object model to a camera. In such a case, the object posture is divided into a rotating component and a parallel moving component, it is first checked whether a projected image to the image plane of the model edge and the image edge exist on the same straight line with respect to the discrete value of the turning component, and a candidate for rotating component value and edge correspondence is narrowed down. Next, a distribution of parallel moving component values fitting each obtained candidate is calculated, and the parallel moving component value of the highest frequency is calculated. Then that parallel moving component value, and the turning component value and the edge correspondence at that time are defined as being the solutions.

